

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-005102

(43)Date of publication of application : 08.01.2003

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

B81B 3/00

B81C 1/00

(21)Application number : 2002-031615

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 08.02.2002

(72)Inventor : ISHIZUYA TORU
AKAGAWA KEIICHI

(30)Priority

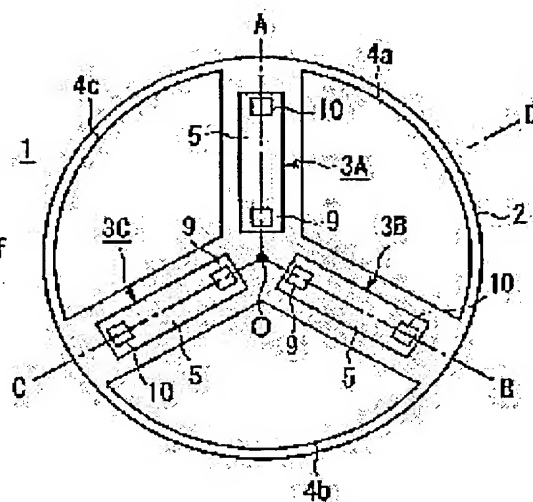
Priority number : 2001120440 Priority date : 19.04.2001 Priority country : JP

(54) THIN FILM ELASTIC STRUCTURE, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME AND MIRROR DEVICE AND OPTICAL SWITCH USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve size reduction and mass-productivity while retaining an excellent optical characteristic.

SOLUTION: A mirror device is provided with a mirror 2 and a support mechanism which elastically supports the mirror 2 with respect to a base board 1 in a floating state and tiltably in an arbitrary direction. The support mechanism has three support parts 3A, 3B and 3C which mechanically connect the base board 1 and the mirror 2. Each of the support parts 3A, 3B and 3C has one or more leaf spring parts 5 which are composed of one or more layers of thin film. One end part of the leaf spring 5 is connected to the base board 1 via a leg part 9 having a rising part which rises from the base board 1. The other end part of the leaf spring 5 is mechanically connected to the mirror 2 via a connecting part having a rising part which rises from the other end part. The mirror 2 is supported with respect to the base board 1 only via the leaf spring part 5 of each of the support members 3A, 3B and 3C.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3724432

[Date of registration]

30.09.2005

[Number of appeal against examiner's decision of

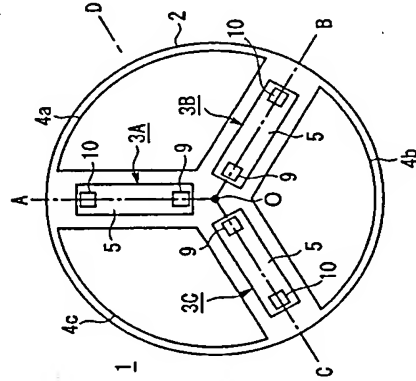
[illegible]

(54) 【発明の名称】
有機電界効果管及びその製造方法並びにこれを用いたミラードデバイス及び光スイッチ

(57)【要約】

【課題】 優れた光学特性を保ちながら、小型化及び量産性をより一層向上させる。

【解決手段】 ミラーデバイス1は、ミラー2と、ミラー2を基板1に対して基板1から浮いた状態にかつ任意の方向に傾動可能に弾性支持する支持機構とを備える。支持機構は、基板1とミラー2との間を機械的に接続する3つの支持部3A、3B、3Cを有する。各支持部3A、3B、3Cは、1層以上の薄板で構成された1つ以上の上の板はね部5を有する。板はね部5の一端部は、基板1から立ち上る立ち上がり部7を持つ脚部9を介して基板1に接続される。板はね部5の他端部は、当該他端部から立ち上る立ち上がり部を持つ接続部を介して、ミラー2に機械的に接続される。ミラー2は、各3A、3B、3Cの板はね部5を介してのみ、基板1に対して支持される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体と、該ミラーを前記基体
に対して前記基体から浮いた状態にかつ任意の方向に傾
動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される駆
動信号に応じた方向及び傾き量で前記ミラーが前記基体
に対して傾くミラーデバイスであって、

前記支持機構は、前記基体と前記ミラとの間を機械的に接続する1つ以上の支持部を有し、前記支持部は、1層以上の薄膜で構成された1つ以上の板はね部を有し、前記板はね部の前記1つ以上の板はね部のうちの少なくとも1つの板はね部の一端部は、前記基体から立ち上がり、前記基体を介して前記脚部を介して前記基体に機械的に接続され、

前記ミラーは、前記各支持部の前記1つ以上の板ばね部を介してのみ、前記基体に対して支持されたことを特徴とするミラーデバイス。

【請求項2】 基体と、ミラーと、該ミラーを前記基体に対して前記基体から浮いた状態にかつ任意の方向に傾動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される駆動信号に応じて方向及び傾き量で前記ミラーが前記基体に対して傾くミラーデバイスであって、

前記支持機構は、前記基体と前記ミラーとの間を機械的に接続する1つ以上の支持部を有し、前記各支持部は、1層以上の薄膜で構成された複数の反折部を有し、

前記各支持部の前記複数の板ばね部のうちの2つ以上の板ばね部は、互いに機械的に直列に接続され、

前記各支持部の前記2つ以上の板ばね部がなす機械的な
前記各支持部の一端部に相当する板ばね部の一端部は、前
記基板から立ち上る立ち上がり部を持つ脚部を介して
前記基体に機械的に接続されたことを特徴とするミラー
デバイス。

【請求項3】 前記ミラーは、前記各支持部の前記複数を板ばね部を介してのみ、前記基体に対して支持されたことを特徴とする請求項2記載のミラーデバイス。

【請求項4】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記脚部が1層以上の薄層で構成されたことを特徴とする請求項2又は3記載のミラードバイス。

【請求項5】 前記1つ以上の支部部のうちの少なくとも1つの支部部において、前記2つ以上の坂ばね部が少なくとも1つの支部部に相当する坂ばね部を持つ構造的な接続ルート上の他端部に相当する坂ばね部を持つ支部部を介して、前記ミラーに機械的に接続されたことを特徴とする請求項2乃至4のいずれかに記載のミラーデバイス。

【請求項6】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ばね部の端部同士の間隙的な接触のうち、少なくとも一対の板ばね

部の端部同士は機械的な接合は、前記基体側の板ばね部と端部がこの端部から立ち上がる立ち上がり部を持つ接合部を介して前記ミラー側の板ばね部に機械的に接合されることにより行われたことを特徴とする請求項2乃至5のいずれかに記載のミラーデバイス。

【請求項7】 前記接続部が1層以上の薄膜で構成されたことを特徴とする請求項5又は6記載のミラーデバイス。

【請求項8】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、一端部が前記押部を介して前記基板に機械的に接続された前記辺はね部は、少なくとも前記駆動部はね部が供給されない状態において、前記基板と反対側へ反転することを特徴とする請求項2乃至7の基礎技術に記載のミラードデバイス。

【請求項9】 前記少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ばね部のうちの少なくとも1つの板ばね部は、少なくとも前記駆動信号が供給されていない状態において、前記基板側へ反ることを特徴とする請求項8記載のミラーデハイス。

【請求項10】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ね部が、全体としてなす形状が、全体を同じ方向から見た側面図であるいは各部分ごとに通宜の所定方向から見た側面図で、「く」の字状、または「く」の字状の連続形状又はジグザグ状であることを特徴とする請求項2乃至9のいずれかに記載のミララチデバイス。

【請求項11】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ばね部の各々が、前記基体の面の法線方向から見た平面視で直線状に構成され、

前記少なくとも1つの支料部において、前記2つ以上の板は、板部が全体としてなす形状が、全体を同じ方向から見た側面視であるいは各部分ごとに適宜の所定方向から見た側面視で、「く」の字状又は「く」の字状の連続形状であり、

前記2つ以上の
板はね部における前記側面視で「く」の字状をなす各部
分が、前記基体の面の法線方向から見た平面視でそれぞ
れ一直線状をなすことを特徴とする請求項2乃至9のい
ずれかに記載のミラードバイス。

【請求項12】 前記少なくとも1つの支持部において、一端部が前記ミラー型面体的に接合された板状部で、一端部が、及び、前記少なくとも1つの支持部において前記2以上の板状部が前記側面視の形状の所り返し点部に相当する板状部の端部が、前記基体の面と略々平行となるように、前記2つ以上の板状部の各々の反り方向及び長さが規定2つ以上を特徴とする請求項10又は11記載のミラーデハイス。

【請求項13】 前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ばね部が

と、ミラーと、該ミラーを前記基板に対して傾く前記基板から得た状態にかつ任意の方向に運動可能に弾性支持する及び支持機構とを備え、供給される駆動信号に応じて方向を切り換へるべく、傾き及び傾き速度で前記ミラーと前記基板と前記支持機構は、前記基板と前記ミラーとの間を機械的に接続する1つ以上の支持部を有し、前記各支持部は、1層以上の薄層で構成された1つ以上の、前記各支持部の前記1つ以上の板ばね部の一端部と前記各支持部の前記1つ以上の板ばね部のうちの少なくとも1つの板ばね部の一端部とを有し、前記基板から立ち上がる上り部を持つ脚部を介して前記基板に機械的に接続され、前記ミラーは、前記各支持部の前記1層以上の板ばね部を介してのみ、前記基板に対して支持されたものである。

【0009】この第1の態様によれば、ミラーを前記基体に対して前記基体から離れた状態にかつ任意の方向に傾動可能に弾性支持する支持機構が、薄層で構成される。逆が可能な利用、前述した構造を有しているで、構造物が簡単となり、半導体製造工程の膜形成技術等を用いて簡単に製造することができる。そして、少なくとも1つの板ばね部の一端部が立ち上がり部を持つ脚部を介して基体に機械的に接続されているので、脚部によってミラーの高さ（ミラーと基板との間の距離）を稼ぐことができる。このため、ミラーが比較的大きくても、ミラーの傾き可能な角度を比較的大きくすることが可能となる。

【0010】第1に、前記第1の態様において、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つもの支持部において、前記押部が1層以上の薄板で構成されてもよい。この場合、押部が薄板で構成されていても、製造が容易になるとともに、わずかであった押部付近においても、弾性変形の自由度を持つようになり、各部分同士の機械的な後継動所にかかる応力を低減することができる。

1900 年 11 月 2 日、前記第 1 号地権状において、前記 1 つ以上の支持部のうち少なくとも 1 つの支持部において、前記 1 つ以上の板ばね部のうちの少なくとも 1 つの板ばね部の一端部は、当該一端部から立ち上る立ち上り部が有り部を持つ接線部を介して、前記ラダーに機械的に接続され、前記ラダーに機械的に接続されている。この場合、立ち上り部が有り部を持つ接線部を介してミラーに機械的に接続されている。この場合、当該一端部から立ち上る立ち上り部の高さを稼ぐことができる。このため、ミラーが比較的大きくても、ミラーの傾き可能な角度をより大きくすることができる。この第 2 の場合、前記接線部が 1 層以上の薄板で構成されてもよい。この場合、立ち上り部を持つ接線部（ミラーと同一の接線部）が薄板で構成されているので、製造が容易となることも、わずかながらであっても当該接線部付近において弾性変形の自由度を持つようになり、各部分同士との機械的な接続箇所にかかる応力を低減させることができる。

【0012】第3に、前記第1の態様において、前記2つ以上の支持部のうち少なくとも1つの支持部において、増部が前記基板と接合され、前記増部に機械的係合が供給される。前記増部は、少なくとも前記増部番号が供給されておらずない状態において、前記基板と反対側へ反って形成された増部はね部は、この場合、脚部を介して基板に機械的に接続された増部はね部が基板と反対側へ反っているのである。この増部の反りによってもミラーの向きを稼ぐことができる。このため、ミラーが比較的大きくても、ミラーの傾き可能な角度を増や大きくすることができる。

【0013】第4に、前記第1の態様において、前記2つ以上の支持部のうち少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板はね部の各々は、前記基板の面の法線方向から見た平面図で直線状又は曲線状に構成される。このように、板はね部は平面図で直線状及び曲線状のいずれかに構成してもよい。

【0014】なお、前記第1の態様において、前述した第1乃至第4の事項は互いに組み合わせてよい。

【0015】本発明の第2の態様によれば、ラダーベースは、基体と、ミラーと、該ミラーを前記基体に対して前記基体から浮いた状態かつ任意の方向に移動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される駆動信号に応じた向き及び傾き量で前記ミラーが前記基体に対して傾くミラーデバイスを構成し、前記支持機構は、前記基体と前記ミラーとの間を機械的に接続する1つ以上の支持部を有し、前記各支持部は、1層以上の膜で構成された複数の板ばね部を有し、前記各支持部の前記複数の板ばね部のうちの2つ以上の板ばね部は、互いに機械的に直列に接続され、前記各支持部の前記2つ以上の板ばね部の一端部は機械的な接続レールの一端部に相当する板ばね部の一端部は、前記基体から立ち上がる上からがり部を支持する脚部を介して前記基体に機械的に接続されたものである。

【0016】この第2の態様によれば、前述第1の態様と同様の利点が得られる。また、この第2の態様によれば、支持部における2つ以上の板は相互に機械的に直列に接続されておらず、2つ以上の板は端部に順次接続されて全体として1つの機械的な接続ルートとなす構造が実現され、全体として各板の特性を適宜組み合わせた弾性支持特性を得ることができ、所望の弾性支持特性を得るに際して設計の自由度が高まる。なお、機械的に直列に接続した板は板部に対して、適宜他の板は板部を機械的に直列に接続しない。

【0017】本発明の第3の態様によるミラーデバイスは、前記第2の態様において、前記ミラーは、前記各支持部の前記覆数の板ばね部を介してのみ、前記基体に対して支持されたものである。

【0018】この第3の態様によれば、ミラーが板ばね部を介してのみ基体に対して支持されているので、板ばね部が介在したミラーと基体との間の機械的な接続ルー

ト以外に、ミラーを基体に対して支持する別個の支持手段が必要となり、好ましい。

【0019】本発明の第4の態様によるミラーデバイスは、前記第2又は第3の態様において、前記1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部において、前記部が1層以上の薄膜で構成されたものである。

【0020】この第4の態様によれば、脚部が薄膜で構成されているので、製造が容易となるとともに、わずかな変形であっても脚部付近においても弾性変形の自由度を持つようになっている。各部分同士の間隙的な接合箇所にかかる応力を低減することができる。

【0021】本発明の第5の態様によるミラーデバイス
は、前記第2乃至第4のいずれかの態様において、前記
1つ以上の支持部のうちの少なくとも1つの支持部にお
いて、前記2つ以上の板は部が互に機械的な接続ルー
トの他端部に相当する板は部の一端部は、当該一端部
から立ち上る立ち上がり部を持つ接続部を介して、前
記ミラー部に機械的に接続されたものである。

【0022】この張りの態様によれば、少なくとも1つの板がねばり部の一端部当該一端部から立ち上る立ち上がり部を介してミミラーに機械的に接合されているので、この接合部によってもミラーの高さを稼ぐことができる。このため、ミラーが比較的大きくても、ミラーの傾き可能角度をより大きくすることができ
る。

【023】本発明の第6の態様によるミラノデバイスでは、前記部乃至第5のもの以外の磁球において、前記1つ以上の文持部のうちの少なくとも1つの文持部と前後に接する、少なくとも一つの板はね部の端部との機械的な接続は、前記基本体の板はね部の端部がその端部から立ち上る立ち上がり部分を持つ後続部を介して前記ミラノ側上の端部に機械的に接続されることにより行われるものである。

【0024】この第6の態様によれば、少なくとも一対一の板ばね部と端部同士の後接が、基本部の板ばね部に沿って端部同士の上り下り部を特に接合させることにより行われているので、このため、ミラーの置きやすさや、ミラーの傾き可能な角度をより大きくすることができ、ミラーの傾きの大きさを大きくする。

【0025】本発明の第7の態様によるミラードバイス
は、前記第又は第6の態様において、前記技術が上
層以上の権限で構成されたものである。

【0026】この第7の態様によれば、立ち上がり部を有する保持部（ミラーとの接触面及び／又は板ばね部）同士との接触部が溝槽で構成されているので、製造が容易となつて、わずかであつても当該接触部付近においても弾性変形の自由度を持つようになつて、各部分同士の

る。
の機械的な接続箇所にかかる応力を低減することができ

【0027】本発明の第8の態様によるミラーデバイスは、前記第2乃至第7のいずれかの態様において、前記1つ以上の支持部うちの少なくとも1つの支持部において、一端子が前記基板を介して前記基板に機械的に接続された前記基板部は、少なくとも前記駆動信号が供給された前記状態において、前記基板と反対側へ戻るものである。

【0028】この第8の態様によれば、凹部を介して基体1に機械的に接続された前記基板ね部が基体と反対側へ反つて居るので、この反りによってもミラーの歪さを保つことができる。このため、ミラーが比較的大きくても、ミラーの傾き可能な角度をより大きくすることができる。

【029】本発明の第9の態様によるミラードハイスは、前記第8の態様において、前記少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板ばね部のうちの少なくとも1つの板ばね部は、少なくとも前記駆動信号が供給されていない状態において、前記基板側へ反るものである。

【0030】前記第8の態様では、脚部を介して基体に機械的に接続された前記基板はね部が基体と反対側へ反つてゐるので、例えば、この基板はね部に直列に接続された他の基板はね部の全てが反つていないとあるべき基体と反対側に反つてゐるとすれば、ミラーと接続されるべき基板はね部の端部が基体の面に対して大きく傾くこととなる。この場合、当該基板はね部の端部とミラーとの機械的な接続箇所にかかる応力が増大し、好ましくない、これに対し、少なくとも1つの基板はね部が基体側へ反つてゐる面と平行又はこれに近づけることができ、前記応力を低減することができる。

【0031】本発明の第10の態様によるミラーデハイスは、前記第2乃至第9のいずれかの態様において、前記1つ以上の支持脚のうちの少なくとも1つと支持形状において、前記2つ以上の面が全体としてなす形状が、全体を同じ方向から見た平面図であるいは各部分ごととに適宜の所定方向から見た平面図で、「く」の形状、
「く」の字状の連続形状又はシグザグ状であるものである。

【0032】この第100の態様によれば、いわばペンタグラフの如き構造が実現され、を部分同士の根拠的な接合部所にかかると、本発明の第11の態様によるミラーデバイスは、前記第2乃至第9のいずれか一の態様において、前記1つ以上の支持部上の板の少なくとも1つの支持部によって、前記2つ以上の板のうちの各々が、前記基板の上面の法線方向から見た平面正交状態に構成され、前記少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板は少なくとも1つの支持部において、前記2つ以上の板はペンタ

ミラーに切り換えることができ、例えば、1000個のミラーで1000個の出力光路に切り換えることができ、前記第21の態様によれば、ミラーの数が少なくすむため、前述した従来のMEMS技術を利用した箱体式光スイッチに比べて、小型化及び重量性が大幅に向上する。勿論、ミラーを利用し光路を切り換えるので、電子式光スイッチに比べて、挿入損失やクロストークなどの光学特性に優れている。

【0065】本発明の第27の態様による薄層弾性構造体は、1層以上の導電性膜と被覆された複数の基板を有する。前記複数の基板が全体として1つの弾性体をなすように機械的に接続された薄層弾性構造体であって、前記複数の基板は、基底から立ち上がる立上がり部を持つ脚部一端部を介して前記基底に機械的に接続され、前記複数の基板のうち少なくとも1つの基板はね部の一部であり、他の少なくとも1つの基板はね部の一部であり、他のもう一つの基板はね部の一部であり、前記複数の基板のうち少なくとも1つの基板はね部の一部であり、前記複数の基板のうち少なくとも1つの基板はね部の一部であり、前記複数の基板のうち少なくとも1つの基板はね部の一部である。

【0066】本発明の第28の態様による薄膜弾性構造物は、前記第27の態様において、前記複数の板は、その全体としてなす形状が、全体を同じ方向から見た側面視であるいは各部分ごとに対応の所定方向から見た側面視で、「く」の字状、「く」の字状の連続形状又はジグザグ状であるものである。

【0067】本発明の第29の態様による薄膜弾性構造体は、前記第27又は第28の態様において、前記複数の板のほぼ全部が全体としてなす形状が、前記基板の面の法線方向から見た平面視で任意形状となる構造体であるものである。

【0068】前記第27乃至第29の態様による薄膜弾性構造体は、前述した本発明によるミラーデバイスに好適に用いることができる。もともと、前記第27乃至第29の態様による薄膜弾性構造体の用途はこれに限定されるものではなく、他の種々のMEMSにおいて用いることができる。

【0069】本発明の第3の態様による製造方法は、前記第2乃至第29のいずれかの態様による薄板弾性材料体と、前記製造方法であって、基体上に形成された導性層上に、前記製造方法の板は3層のうち少なくとも1つの板はね部となるべき1層以上の薄層を形成する工程と、前記薄層の周囲の導性層を除去した際に当該薄層を形成する工程と、当該薄層の周囲の導性層を除去する工程と、当該薄層が反る条件で、当該薄層を除去する工程とを備えるものである。

【0070】この第30の態様によれば、反った板ばね部を容易に作製することができ、ひいては前記第27乃至第29の態様に比べて、製造コストを低減することができる。

至第29の態様による薄膜弾性構造体を容易に製造することができる。

【0071】
【発明の実施の形態】以下、本発明による薄肉弾性構造体及びその製造方法並びにこれを用いたミラードバイス及び光スイッチについて、図面を参照して説明する。

【0072】【第1の実施の形態】

【0073】図1は、本発明の第1の実施の形態によるミラードパイスの出張素子を模式的に示す概略平面図である。図1において、本素体線（隠れ線）となるべき線も図中で示している。この点は、後述する各平面図についても同様である。図2は、図1中のO-A線に沿った概略断面図である。図3は、図1中のO-D線に沿った概略断面図である。図面には示していないが、図1中のO-B線に沿った概略断面図及び図1中のO-C線に沿った概略断面図は、図2と同様となる。なお、以下の説明において、上は、図2に準ずるものとする。

【0074】本実施の形態によるミララデハイスは、基体としてのS i基板やガラス基板等の基板1（その面は図2中の紙面と平行である。）と、ミララ2と、ミララ2を基板1に対して基板1内に浮いた状態でかつ任意方向に傾動可能に弾性支持する支持機構とを備え、供給される駆動信号に応じた方向及び傾き量でミララ2が基板1に対して傾くように構成されている。なお、本実施の形態では、基板1は電気的絶縁性を有するものとする。もっとも、基板1が導電性である場合には、その上面に絶縁膜を形成してあげばよい。

【0075】本実施の形態では、ミラー2は、1層のA1膜で円板状に構成され、その平準化部の円板部2aの全周に渡って立ち下り部2bが形成されている。図1に示すのはミラー2の中心を示している。この立ち下り部2bによって円板部2aの強度が補強されるので、円板部2aの平準性を確保しつつ、円板部2aの厚みを薄くして軽量化を図ることができます。立ち下り部2bに代えて立ち上り部を形成しても同様である。必ずしも、形成する必要はない。また、ミラー2の材料もA1膜に限られるものではなく他の材料でよいし、異なる材料の2層以上の膜で構成してもよい。さらに、ミラー2の形状は円形に限定されるものではなく、例えば、矩形としてもよい。

【0076】本実施の形態では、ミラー2は、ミラー2-1を駆動させるための駆動力として静電力を加える可動側との共通電圧を共用している。もともと、例えば、ミラー2を下側の建線膜（S1N膜等）と上側のA1膜とで構成されたような場合には、その下面に3つの電圧を、互いに独立して、後述する基板1上の電圧4a、4b、4cとそれぞれ対向するように形成してもよい。

【0077】本実施の形態では、前記支持機構は、それぞれが基板1とミラー2との間を機械的に接続する3つ

の支持部3A、3B、3Cで構成されている。これらの支持部3A～3Cは同じ構造を有しているので、ここでは、支持部3Aについてのみ説明する。

【0078】支持部3Aは、1つの板ばね部5を有している。板ばね部5は、下面のS1N溝6と上面のA1溝7とが積層された2つの層で構成されている。板ばね部5の材料や価数はこれに限定されるものではなく、層数は1つ以上であればよい。板ばね部5は、図1に示すように、基板1の面の比鄰方向から見た平面視で直線状に構成されている。また、板ばね部5は、図2に示すように、少なくとも前記基板1と反対面に反っている。なお、図2及び図3は、駆動信号が供給されていない状態を示している。板ばね部5は必ずしも上方に反る必要はないが、本実施の形態のように板ばね部5が上方に反っていると、ミラー2の高さを稼ぐことができ、好ましい。

【0079】図1及び図2に示すように、板ばね部5の一端部は、基板1上に形成されたA1層から立ち上がるターン8（図1では図形省略）を介して基板1に接続される。立ち上がり部を持つ凹部9を介して、基板1に一体的に接続されている。本実施の形態では、凹部9は、板ばね部5を構成するS1N層6及びA1層7がそのまゝ延びてくることによって構成されている。A1層7は、電極として兼用されたミララーを配線パターン8に電気的に接続する配線とされ、凹部9においてS1N層6に形成された開口を介して配線パターン8に電気的に接続されている。なお、本実施の形態では、各支持部3A～3Cの配線パターン8は電気的に共通に接続されている。

【0080】また、図1及び図2に示すように、板ばね部5の他端部は、当該他端部から立ち上がる立ち上がり部10を介して、ミラー2の下側（基板1側）に機械的に接続されている。本実施形態では、板ばね部10は、ミラー2を構成するA1層がそのままだびりすることにより構成されている。したがって、電極を兼用するミラー2は、接続部10→板ばね部5のA1層7→基板9のA1層7の経路で、反平行ターン8に電気的に接続されている。なお、接続部10をミラー2とは別の材料で構成してもよいことは、言うまでもない。

【0081】以上の説明からわかるように、本実施の形態では、ミラー2は、各支持部3A～3Cの板ねばね5を介してのみ、基板1に対して支持されている。また、各支持部3A～3Cは、ミラー2の下側(基板1側)を支持している。支持部3A～3Cの各々は、薄板状性構造体を構成している。

【0082】本実施の形態では、図1に示すように、支持部3A～3Cの全てが、ミラー2の周から基板1を見下した平面視でミラー2に隠れる位置に配置されている。また、支持部3A～3Cは、それらの各板はね部5が、平

面視でミラー2の半径方向に延びるように配置されている。また、3つの支持部3A~3Cの各接線部10は、ミラー2の中心Oを中心とする所定半径の円上において

に 120° ($=360^\circ/3$) の角度をなす 3 つの位置にミラー 2 は安定して、任意の方向に傾動可能に弾性支持部 3A-3C は、ミラー 2 の中心 O を中心とする所定半径の円周上において 120° ($=360^\circ/3$) の角度をなすミラー 2 の 3 箇所をそれぞれ支持している。したがってミラー 2 は、安定して、任意の方向に傾動可能に弾性支持部 3A-3C は、本実施形態では、脚部 9 の位置と後脚部 10 の位置とが対応するように配置してよい。

【0083】基板1上には、ミラー2の下方面において、中心Oを通る基板1の面の法線の回りに、A11からなる3つの電極4a、4b、4cが互いに電気的に絶緣に形成され、これら3つの電極4a、4b、4cはそれぞれ互いに独立して、配線パターン8（すなわち、電極4a）にそれぞれ独立して、配線パターン8（すなわち、電極4b）にそれぞれ独立して、配線パターン8（すなわち、電極4c）にそれぞれ独立して、ミラー2を基準とした任意の電位を印加することができるようになっている。本実施の形態では、配線パターン8を介してミラー2が接地され、各電極4a～4cにそれぞれ独立して、ミラー2を基準とした任意の電位を印加することができるようになっている。各電極4a～4cに、各電極4a～4cとミラー2の電極層部分との間に電圧を印加される電位のレベルに等しい大きさの静電容量が作用する。したがって、各電極4a～4cに印加されるミラー2を基準とした電位レベルが、ミラー2の傾きの方向及び傾き量を決定する前記駆動信号となっており、基板1及び1上の制御層に於いてこの駆動信号を生

【0084】このように、本実施の形態では、ミラー2-1は、駆動軸5によって生ずる電力2によって駆動される。もともと、本発明では、ミラー2が磁気力やローレンツ力により、駆動するように構成することもできる。また、本実施の形態では、板ばね5が異なる膨張係数を有する異なる物質の互いに重ならない少なくとも2つの層（具体的に、SiN層5aとSiO₂層5b）を有しており、SiN層5aは可視光や赤外光を吸収して熱を生ずる。そのため、赤外光や可視光や近赤外光5cに照射される。

ば、その照射量に応じて、基板1を介して(例えば、基板1がSi基板であれば赤外光を基板1を透過し、基板1がガラス基板であれば赤外光は基板1を透過する。)、その照射量に応じて基板5を透過することになる。したがって、この赤外光や可視光を駆動信号として用い、各ばね5を、ミラーを駆動させるためのアクチュエータとして用いることも可能である。これらの点は、後述する各実施の形態やその変形例についても同様である。

【0085】図面には示していないが、本実施の形態に

19

よるミラーデバイスでは、ミラー2、前記支持機構（支
持部3A～3C）及び電極4a～4cを1個の素子とし
て当該素子を複数個有し、当該素子が2次元に配列し
ており、当該素子は1つのみであり、これらの点、
後述する各実施の形態やその変形例についても同様であ
る。

【0086】次に、本実施の形態によるミラーデバイス
の製造方法の一例について、図4を参照して説明する。
図4は、この製造方法の各工程をそれぞれ模式的に示す
縦断面図であり、図2に対応している。

【0087】まず、図4(a)に示すように、Si基
板、ガラス基板等の基板1上に、電極4a～4c、配線
パターン8及びその他の配線パターンとなるべきA1膜
11を蒸着法等により形成した後、フォトリソエッチ
ング法によりパターンニングし、それらの形状とする。次
に、この状態の基板1上の全面に膜性を有するレジスト1
2を塗布し、このレジスト12に、図9のコンタクト
部に形成した開口12aをフォトリソングラフイーにより形
成する（図4(a)）。

【0088】次いで、図4(b)に示すように、図9の1つの層
となるべきSiN膜6をP-CVD法等により形成した後、
フォトリソエッチング法によりパターンニングし、板
ばね部5及び脚部9の形状とする。このとき、脚部9に
おけるコンタクト部には開口を形成しておく。次に、板
ばね部5及び脚部9の1つの層となるべきA1膜7
を蒸着法等により形成した後、フォトリソエッチング法
によりパターンニングし、板ばね部5及び脚部9の形状と
する（図4(b)）。

【0089】この状態の基板1の全面にスパコンコート法
等により膜性を有するポリイミド膜13を被着させ、
接続部10のコンタクト部に形成した開口をフォトリソエ
ッチング法により形成する。次いで、この状態の基板1
に膜性を有するレジスト14を塗布し、ミラー2の円板
部2aに形成した開口のレジスト14をフォトリソングラフ
イーにより除去する。その後、ミラー2及び接続部10と
なるべきA1膜15を蒸着法等により形成した後、フォ
トリソエッチング法によりパターンニングし、ミラー2の
形状とする（図4(c)）。このとき、A1膜15のパ
ターンニングによって形成する領域を、レジスト14と重な
りつつレジスト14の大きさをより大きくすることによ
り、ミラー2の立ち上がり部2bが形成されることとな
る。

【0090】最後に、この状態の基板を、ダイシングな
どによりチップ毎に分割し、全ての膜性層、すなわち、
レジスト12、14及びポリイミド膜13をアッシング
法などにより除去する。これにより、図1乃至図3に示
すミラーデバイスが完成する。

20

【0091】ところで、前述したように膜6及び膜7の
成膜は、レジスト12、14及びポリイミド膜13を除
去した際に前記板ばね部5が成膜時のストレスによつて
上方に反るような条件で、行う。なお、板ばね部5を単
層の薄膜で構成する場合であっても、同じ材料の膜を成
膜条件を変えて2層形成すれば、最終的に単層膜となる
ものの、板ばね部5を上方に反らせることができる。

【0092】本実施の形態によれば、前記支持機構（支
持部3A～3C）が、薄膜で構成された板ばね部5を利
用した前述した構造を有しているため、構造が簡単とな
り、前述したように、半導体製造工程の膜形成技術等
を用いて簡単に製造することができる。

【0093】また、本実施の形態によれば、板ばね部5
の一端部が立ち上がり部を持つ脚部9を介して基板1に
接続されているので、脚部9によつてミラー2の高さを
稼ぐことができる。また、板ばね部5の他端部が当該端
部から立ち上がる立ち上がり部を持つ接続部10を介し
てミラー2に機械的に接続されているので、この接続部
10によつてもミラー2の高さを稼ぐことができる。さ
らに、板ばね部5が上方へ反っているため、この反りに
よつてもミラー2の高さを稼ぐことができる。反りの程
度は前述した膜6、7の成膜時の条件により設定するこ
とができる。この反りの程度と板ばね部5の長さによ
って、ミラー2の高さを自在に設定することができる。
以上の点から、ミラー2が比較的大きくても（例えば、
直径1mm程度でも）、ミラー2の高さを例えば200
μm程度に設定することができ、ミラー2の傾き可能な
角度を比較的大きくすることが可能となる。

【0094】また、本実施の形態によれば、支持部3A
～3Cの全てが、ミラー2の周から基板1を見た平面視
でミラー2に隠れる位置に配置されているので、支持部
3A～3C及びミラーが占める基板1上の面積を低減する
ことができ、2次元配置された素子の集積度を高めるこ
とができ、当該ミラーデバイスの小型化を図ることがで
きる。

【0095】【第2の実施の形態】
【0096】図5は、本発明の第2の実施の形態による
ミラーデバイスの単位素子を模式的に示す縦断面図であ
り、図1に対応している。図5において、図1乃至図
3中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付
し、その重複する説明は省略する。

【0097】本実施の形態が、前記第1の実施の形態と
異なる所は、支持部3A～3Cが、それらの一部がミラ
ー2の周から基板1を見た平面視でミラー2に隠れる位
置に、配置されている点のみである。本実施の形態は、
前記第1の実施の形態に比べて素子の集積度は若
干低下するものの、他の点については、本実施の形態に
よつても前記第1の実施の形態と同様の利点を得られ
る。

【0098】【第3の実施の形態】

21

【0099】図6は、本発明の第3の実施の形態による
ミラーデバイスの単位素子を模式的に示す縦断面図であ
り、図1に対応している。図6において、図1乃至図
3中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付
し、その重複する説明は省略する。

【0100】本実施の形態が、前記第1の実施の形態と
異なる所は、支持部3A～3Cが、それらの板ばね部5
がミラー2の略々接線方向に延びるように、配置されて
いる点のみである。本実施の形態によつても、前記第1
の実施の形態と同様の利点を得られる。

【0101】【第4の実施の形態】

【0102】図7は、本発明の第4の実施の形態による
ミラーデバイスの単位素子を模式的に示す縦断面図であ
り、図1に対応している。図7において、図1乃至図
3中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付
し、その重複する説明は省略する。

【0103】本実施の形態が、前記第1の実施の形態と
異なる所は、支持部3A～3Cの板ばね部5が、基板1
の面の法線方向から見た平面視で曲線状に構成されてい
る点と、支持部3A～3Cが、それらの板ばね部5がミラ
ー2の略々接線方向に延びるように、配置されている
点のみである。本実施の形態によつても、前記第1の実
施の形態と同様の利点を得られる。

【0104】【第5の実施の形態】

【0105】図8は、本発明の第5の実施の形態による
ミラーデバイスの単位素子を模式的に示す縦断面図であ
り、図1に対応している。図8において、図1乃至図
3中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付
し、その重複する説明は省略する。

【0106】本実施の形態が、前記第1の実施の形態と
異なる所は、支持部3B、3Cが取り除かれ、1つの支
持部3Aのみで支持機構が構成され、支持部3Aがミラ
ー2の中心付近を支持している点のみである。

【0107】本実施の形態によれば、支持部3Aの板ば
ね部5の傾度及び反りによって、ミラー2が任意の方向
に傾動可能となっている。本実施の形態によつても、基
本的に、前記第1の実施の形態と同様の利点を得られ
る。

【0108】【第6の実施の形態】

【0109】図9は、本発明の第6の実施の形態による
ミラーデバイスの単位素子を模式的に示す縦断面図であ
り、図2に対応している。図9において、図1乃至図
3中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付
し、その重複する説明は省略する。

【0110】本実施の形態が、前記第1の実施の形態と
異なる所は、図1中の支持部3Aが図9に示す支持部2
3Aで置き換えられ、図1中の支持部3B、3Cが図9
に示す支持部23Aと同じ構造を持つ支持部（図示せ
ず）でそれぞれ置き換えられている点のみである。支持
部23Aは薄膜弾性構造体を構成している。

22

【0111】図1及び図2に示す支持部3Aが1つの板
ばね部5のみを有しているのに対し、図9に示す支持部
23Aは、互いに機械的に直列に接続された2つの板ば
ね部24、25を有している。板ばね部24、25の各
々は、基板1の面の法線方向から見た平面視で直線状に
構成されている。

【0112】2つの板ばね部24、25が互に機械的な
接続部を持つ一端部を有する板ばね部24の一端部
は、基板1上に形成された配線パターン8を介して基板
1から立ち上がる立ち上がり部を持つ脚部9を介して、
基板1に機械的に接続されている。2つの板ばね部2

4、25が互に機械的な接続部を有する板ばね部24の他端部
は、板ばね部25の一端部を、当該端部から立ち上がる立ち
上がり部を持つ接続部10を介して、ミラー2に機械的
に接続されている。本実施の形態では、板ばね部25の
他端部は、板ばね部25が板ばね部24の長さ方向を一
直線状に延長して延び足すように、板ばね部24の他端
部に機械的に接続されている。この板ばね部24、25
の端部同士は機械的な接続は、基板1側の板ばね部24
の端部がこの端部から立ち上がり部を持つ脚部9を介してミラー2側の板ばね部25の端部に機械的に接続されていることにより、行われている。

【0113】板ばね部24は、図2中の板ばね部5と同
じく、下側のSiN膜6と上側のA1膜7とが積層され
た2層の薄膜で構成されている。脚部9は、板ばね部2
4を構成するSiN膜6及びA1膜7がそのまゝ延びる
ことによつて構成されている。

【0114】一方、板ばね部25は、板ばね部24とは
2層の上下が逆になっており、下側のA1膜27と上側
のSiN膜28とが積層された2層の薄膜で構成されてい
る。接続部26は、板ばね部25を構成するA1膜2
7及びSiN膜28がそのまゝ延びることによつて構成
されている。接続部10は膜28に形成された開口を介
してA1膜27に電気的に接続されている。電極を兼用
するミラー2は、接続部10→板ばね部25のA1膜2
7→接続部26のA1膜27→板ばね部24のA1膜7
→脚部9のA1膜7の経路で、配線パターン8に電気的
に接続されている。

【0115】板ばね部24は、図9に示すように、少な
くとも前記駆動信号が供給されている状態において、
上方（基板1と反対側）に反っている。なお、図9は、
駆動信号が供給されていない状態を示している。一方、
板ばね部25は、少なくとも前記駆動信号が供給されて
いない状態において、板ばね部24とは逆に、下方（基
板1側）に反っている。本実施の形態では、板ばね部2
4、25の反りの程度及び長さ等が同一とされ、これによ
り、一端部が接続部10を介してミラー2に機械的に接
続された板ばね部25の当該一端部が、基板1の面と略
々平行となっている。もつとも、他の設定によつても、
板ばね部25の当該一端部を基板1の面と略々平行にす

43

ン412に対して、A1段452、453、466、467が電気的に接続されており、これらが同電位となる。これとは電気的に独立して、配線パターン412bに対して、A1段456、457、462、463、ミラー2及びA1段420が電気的に接続されており、これらが同電位となる。

[0236] 各支持部413A～413Cの配線パターン412aと配線パターン412bとの間には、それぞれ互いに独立して、任意のレベルの電圧（すなわち、駆動信号）を印加できるようにしている。

[0237] 本実施の形態では、例えば、各支持部413A～413Cの配線パターン412bが接地され、各支持部413A～413C毎に独立して、配線パターン412aに任意のレベルの電位を印加できるようにしている。

[0238] 今、支持部413Aにおいて、配線パターン412bの電位を0V、配線パターン412aの電位を+V2にしたとすると、前述した電気的な接続関係が構築されていることから、板ばね部401の電位としてのA1段452（+V2）と基板1上の電位としてのA1段420（0V）との間、板ばね部405の電位としてのA1段462（0V）との間、板ばね部404の電位としてのA1段457（0V）と板ばね部407の電位としてのA1段466（+V2）との間、及び、板ばね部408の電位としてのA1段467（+V2）とミラー（0V）との間には、それぞれ電位差（電圧）+V2が印加される。

[0239] したがって、板ばね部401と基板1との間に第1の静電力が作用し、板ばね部402と板ばね部405との間に第2の静電力が作用し、板ばね部404と板ばね部407との間に第3の静電力が作用し、板ばね部408とミラー2との間に第4の静電力が作用する。なお、図29及び図30において、静電力が作用する箇所を示す黒い矢印を付している。

[0240] これらの静電力的により、前記第13の実施の形態の場合と同様に各板ばね部401、402、404、405、407、408が間隔の狭い部分から順次引き寄せられていき、支持部413Aが変形していき、静電力和板ばね部401～408のバネ力（復元力）が均衡すると、支持部413Aの変形が停止する。このとき、前述した機械的な接続関係から、同じ座席において互いに並列な関係にある一対の板ばね部（例えば、板ばね部401と板ばね部403、板ばね部405と板ばね部407など）は、同じように変形するので、支持部413Aが大きく傾いたり歪んだりするようなことはない。

[0241] 本実施の形態では、前述した各対向電極となる部分間の位置関係が必ずしも同一ではない（例えば、電極部453と電極部462の位置関係と電極部4

44

52と基板1上の電極420との位置関係は異なる）が、各板ばね部の幅を調整して対向電極となる部分の面積を適宜調整すれば、前記第14の実施の形態の場合と同様に、静電力的による接続部付近での板ばね部の変形の状態をほぼ同じにすることは可能である。

[0242] 本実施の形態によるミラーデバイスが、前記第7の実施の形態によるミラーデバイスの製造方法に準じた方法により製造することができることは、言うまでもない。

[0243] 本実施の形態によっても、前記第11の態様と同様の利点を得られる。また、本実施の形態では、前述した第1乃至第4の静電力が作用するので、基板1上の電極4a～4cとミラー2との間で静電力が作用する。前記第11の実施の形態に比べて、電極間距離を狭くすることができ、したがって、本実施の形態では、低電力でミラー2を駆動する（すなわち、傾ける）ことができる。

[0244] さらに、本実施の形態によれば、静電力的による接続部付近での板ばね部の変形の状態をほぼ同じにすることも可能である。また、接続部10d、10eに対する負荷をほとんどなくすることも可能である。

[0245] [第16の実施の形態]

[0246] 図32は、本発明の第16の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、下側（基板1側）の部分の模式的に示す概略断面図であり、図27に対応している。図33は、本発明の第16の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、上側（基板1と反対側の部分（ミラー2を除く）を模式的に示す概略断面図であり、図28に対応している。図32及び図33中のX9-X10に沿った概略断面図及び図32及び図33中のX15-X16に沿った概略断面図は、図29と同一となる。図32及び図33中のX11-X12に沿った概略断面図及び図32及び図33中のX13-X14に沿った概略断面図は、図30と同一となる。図32及び図33中のO-A線（図20中のO-A線に対応）に沿った概略断面図は、図31と同一となる。

[0247] 図32及び図33において、図27乃至図31中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

[0248] 本実施の形態が、前記第13の実施の形態と異なる所は、図20中の支持部3Aが図32及び図33に示す支持部513Aで置き換えられ、図20中の支持部3B、3Cが図32及び図33に示す支持部513Aと同じ構造を持つ支持部（図示せず）でそれぞれ置き換えられている点と、前記第15の実施の形態と同様に、基板1上の全面に渡りSIN等の絶縁膜411が形成され、絶縁膜411上に互いに電気的に接続された配線パターン412a、412b及び基板1側の電極としてのA1段420などが形成されている点のみである。

支持部513Aは薄膜弾性構造体を構成している。

45

[0249] 本実施の形態によっても、前記第15の実施の形態と同様の利点を得ることができる。また、前記第15の実施の形態では、変形時に板ばね部401～408にばね等が生ずる可能性を否めないが、本実施の形態では、対称性を持っているので、そのばね等が生ずる可能性を低減することができる。さらに、本実施の形態では、真ん中の板ばね部403、404、408、407の幅を、両側の板ばね部401、402、405、406の幅に対して相対的に適宜調整することによって、静電力的による接続部付近での板ばね部の変形の状態をほぼ同じにすることができ、接続部10d、10eに対する負荷をほとんどなくすることができる。

[0251] [第17の実施の形態]

[0252] 図34は、本発明の第17の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、下側（基板1側）の部分の模式的に示す概略断面図であり、図36乃至図39中のR-S矢視図に相当している。図面表記の便宜上、図34において、一部の要素については想像線で示している。図35は、本発明の第17の実施の形態によるミラーデバイスの単位素子の、上側（基板1と反対側の部分（ミラー2を除く）を模式的に示す概略断面図であり、図36乃至図39中のT-U矢視図に相当している。図34及び図35中のX21-X22に沿った概略断面図である。図37は、図34及び図35中のX23-X24に沿った概略断面図である。図38は、図34及び図35中のX25-X26に沿った概略断面図である。図39は、図34及び図35中のX27-X28に沿った概略断面図である。図40は、図34及び図35中のY1-Y2線に沿った概略断面図である。

[0253] 図34乃至図40において、図20及び図21中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複する説明は省略する。

[0254] 本実施の形態が、前記第13の実施の形態と異なる所は、図20中の支持部3Aが図34乃至図40に示す支持部613Aで置き換えられ、図20中の支持部3B、3Cが図34乃至図40に示す支持部613Aと同じ構造を持つ支持部（図示せず）でそれぞれ置き換えられている点と、基板1上の全面に渡りSIN等の絶縁膜611が形成され、絶縁膜611上に互いに電気的に接続された配線パターン612a～612d及び基板1側の電極としてのA1段620a、620b、620dなどが形成されている点のみである。支持部613Aは薄膜弾性構造体を構成している。

46

[0255] 支持部613Aは、基本的に図17に示す前記第11の実施の形態によるミラーデバイスの支持部93Aと同じ構造を持ち、この構造を、ミラー2を傾動させるための駆動力としての静電力的な力を用いて、図41、42、43、44、45、46、47、48、49、50、51、52、53、54、55、56、57、58、59、60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70、71、72、73、74、75、76、77、78、79、80、81、82、83、84、85、86、87、88、89、90、91、92、93、94、95、96、97、98、99、100、101、102、103、104、105、106、107、108、109、110、111、112、113、114、115、116、117、118、119、120、121、122、123、124、125、126、127、128、129、130、131、132、133、134、135、136、137、138、139、140、141、142、143、144、145、146、147、148、149、150、151、152、153、154、155、156、157、158、159、160、161、162、163、164、165、166、167、168、169、170、171、172、173、174、175、176、177、178、179、180、181、182、183、184、185、186、187、188、189、190、191、192、193、194、195、196、197、198、199、200、201、202、203、204、205、206、207、208、209、210、211、212、213、214、215、216、217、218、219、220、221、222、223、224、225、226、227、228、229、230、231、232、233、234、235、236、237、238、239、240、241、242、243、244、245、246、247、248、249、250、251、252、253、254、255、256、257、258、259、260、261、262、263、264、265、266、267、268、269、270、271、272、273、274、275、276、277、278、279、280、281、282、283、284、285、286、287、288、289、290、291、292、293、294、295、296、297、298、299、300、301、302、303、304、305、306、307、308、309、310、311、312、313、314、315、316、317、318、319、320、321、322、323、324、325、326、327、328、329、330、331、332、333、334、335、336、337、338、339、340、341、342、343、344、345、346、347、348、349、350、351、352、353、354、355、356、357、358、359、360、361、362、363、364、365、366、367、368、369、370、371、372、373、374、375、376、377、378、379、380、381、382、383、384、385、386、387、388、389、390、391、392、393、394、395、396、397、398、399、400、401、402、403、404、405、406、407、408、409、410、411、412、413、414、415、416、417、418、419、420、421、422、423、424、425、426、427、428、429、430、431、432、433、434、435、436、437、438、439、440、441、442、443、444、445、446、447、448、449、450、451、452、453、454、455、456、457、458、459、460、461、462、463、464、465、466、467、468、469、470、471、472、473、474、475、476、477、478、479、480、481、482、483、484、485、486、487、488、489、490、491、492、493、494、495、496、497、498、499、500、501、502、503、504、505、506、507、508、509、510、511、512、513、514、515、516、517、518、519、520、521、522、523、524、525、526、527、528、529、530、531、532、533、534、535、536、537、538、539、540、541、542、543、544、545、546、547、548、549、550、551、552、553、554、555、556、557、558、559、560、561、562、563、564、565、566、567、568、569、570、571、572、573、574、575、576、577、578、579、580、581、582、583、584、585、586、587、588、589、590、591、592、593、594、595、596、597、598、599、600、601、602、603、604、605、606、607、608、609、610、611、612、613、614、615、616、617、618、619、620、621、622、623、624、625、626、627、628、629、630、631、632、633、634、635、636、637、638、639、640、641、642、643、644、645、646、647、648、649、650、651、652、653、654、655、656、657、658、659、660、661、662、663、664、665、666、667、668、669、670、671、672、673、674、675、676、677、678、679、680、681、682、683、684、685、686、687、688、689、690、691、692、693、694、695、696、697、698、699、700、701、702、703、704、705、706、707、708、709、710、711、712、713、714、715、716、717、718、719、720、721、722、723、724、725、726、727、728、729、730、731、732、733、734、735、736、737、738、739、740、741、742、743、744、745、746、747、748、749、750、751、752、753、754、755、756、757、758、759、760、761、762、763、764、765、766、767、768、769、770、771、772、773、774、775、776、777、778、779、780、781、782、783、784、785、786、787、788、789、790、791、792、793、794、795、796、797、798、799、800、801、802、803、804、805、806、807、808、809、810、811、812、813、814、815、816、817、818、819、820、821、822、823、824、825、826、827、828、829、830、831、832、833、834、835、836、837、838、839、840、841、842、843、844、845、846、847、848、849、850、851、852、853、854、855、856、857、858、859、860、861、862、863、864、865、866、867、868、869、870、871、872、873、874、875、876、877、878、879、880、881、882、883、884、885、886、887、888、889、890、891、892、893、894、895、896、897、898、899、900、901、902、903、904、905、906、907、908、909、910、911、912、913、914、915、916、917、918、919、920、921、922、923、924、925、926、927、928、929、930、931、932、933、934、935、936、937、938、939、940、941、942、943、944、945、946、947、948、949、950、951、952、953、954、955、956、957、958、959、960、961、962、963、964、965、966、967、968、969、970、971、972、973、974、975、976、977、978、979、980、981、982、983、984、985、986、987、988、989、990、991、992、993、994、995、996、997、998、999、1000、1001、1002、1003、1004、1005、1006、1007、1008、1009、1010、1011、1012、1013、1014、1015、1016、1017、1018、1019、1020、1021、1022、1023、1024、1025、1026、1027、1028、1029、1030、1031、1032、1033、1034、1035、1036、1037、1038、1039、1040、1041、1042、1043、1044、1045、1046、1047、1048、1049、1050、1051、1052、1053、1054、1055、1056、1057、1058、1059、1060、1061、1062、1063、1064、1065、1066、1067、1068、1069、1070、1071、1072、1073、1074、1075、1076、1077、1078、1079、1080、1081、1082、1083、1084、1085、1086、1087、1088、1089、1090、1091、1092、1093、1094、1095、1096、1097、1098、1099、1100、1101、1102、1103、1104、1105、1106、1107、1108、1109、1110、1111、1112、1113、1114、1115、1116、1117、1118、1119、1120、1121、1122、1123、1124、1125、1126、1127、1128、1129、1130、1131、1132、1133、1134、1135、1136、1137、1138、1139、1140、1141、1142、1143、1144、1145、1146、1147、1148、1149、1150、1151、1152、1153、1154、1155、1156、1157、1158、1159、1160、1161、1162、1163、1164、1165、1166、1167、1168、1169、1170、1171、1172、1173、1174、1175、1176、1177、1178、1179、1180、1181、1182、1183、1184、1185、1186、1187、1188、1189、1190、1191、1192、1193、1194、1195、1196、1197、1198、1199、1200、1201、1202、1203、1204、1205、1206、1207、1208、1209、1210、1211、1212、1213、1214、1215、1216、1217、1218、1219、1220、1221、1222、1223、1224、1225、1226、1227、1228、1229、1230、1231、1232、1233、1234、1235、1236、1237、1238、1239、1240、1241、1242、1243、1244、1245、1246、1247、1248、1249、1250、1251、1252、1253、1254、1255、1256、1257、1258、1259、1260、1261、1262、1263、1264、1265、1266、1267、1268、1269、1270、1271、1272、1273、1274、1275、1276、1277、1278、1279、1280、1281、1282、1283、1284、1285、1286、1287、1288、1289、1290、1291、1292、1293、1294、1295、1296、1297、1298、1299、1300、1301、1302、1303、1304、1305、1306、1307、1308、1309、1310、1311、1312、1313、1314、1315、1316、1317、1318、1319、1320、1321、1322、1323、1324、1325、1326、1327、1328、1329、1330、1331、1332、1333、1334、1335、1336、1337、1338、1339、1340、1341、1342、1343、1344、1345、1346、1347、1348、1349、1350、1351、1352、1353、1354、1355、1356、1357、1358、1359、1360、1361、1362、1363、1364、1365、1366、1367、1368、1369、1370、1371、1372、1373、1374、1375、1376、1377、1378、1379、1380、1381、1382、1383、1384、1385、1386、1387、1388、1389、1390、1391、1392、1393、1394、1395、1396、1397、1398、1399、1400、1401、1402、1403、1404、1405、1406、1407、1408、1409、1410、1411、1412、1413、1414、1415、1416、1417、1418、1419、1420、1421、1422、1423、1424、1425、1426、1427、1428、1429、1430、1431、1432、1433、1434、1435、1436、1437、1438、1439、1440、1441、1442、1443、1444、1445、1446、1447、1448、1449、1450、1451、1452、1453、1454、1455、1456、1457、1458、1459、1460、1461、1462、1463、1464、1465、1466、1467、1468、1469、1470、1471、1472、1473、1474、1475、1476、1477、1478、1479、1480、1481、1482、1483、1484、1485、1486、1487、1488、1489、1490、1491、1492、1493、1494、1495、1496、1497、1498、1499、1500、1501、1502、1503、1504、1505、1506、1507、1508、1509、1510、1511、1512、1513、1514、1515、1516、1517、1518、1519、1520、1521、1522、1523、1524、1525、1526、1527、1528、1529、1530、1531、1532、1533、1534、1535、1536、1537、1538、1539、1540、1541、1542、1543、1544、1545、1546、1547、1548、1549、1550、1551、1552、1553、1554、1555、1556、1557、1558、1559、1560、1561、1562、1563、1564、1565、1566、1567、1568、1569、1570、1571、1572、1573、1574、1575、1576、1577、1578、1579、1580、1581、1582、1583、1584、1585、1586、1587、1588、1589、1590、1591、1592、1593、1594、1595、1596、1597、1598、1599、1600、1601、1602、1603、1604、1605、1606、1607、1608、1609、1610、1611、1612、1613、1614、1615、1616、1617、1618、1619、1620、1621、1622、1623、1624、1625、1626、1627、1628、1629、1630、1631、1632、1633、1634、1635、1636、1637、1638、1639、1640、1641、1642、1643、1644、1645、1646、1647、1648、1649、1650、1651、1652、1653、1654、1655、1656、1657、1658、1659、1660、1661、1662、1663、1664、1665、1666、1667、1668、1669、1670、1671、1672、1673、1674、1675、1676、1677、1678、1679、1680、1681、1682、1683、1684、1685、1686、1687、1688、1689、1690、1691、1692、1693、1694、1695、1696、1697、1698、1699、1700、1701、1702、1703、1704、1705、1706、1707、1708、1709、1710、1711、1712、1713、1714、1715、1716、1717、1718、1719、1720、1721、1722、1723、1724、1725、1726、1727、1728、1729、1730、1731、1732、1733、1734、1735、1736、1737、1738、1739、1740、1741、1742、1743、1744、1745、1746、1747、1748、1749、1750、1751、1752、1753、1754、1755、1756、1757、1758、1759、1760、1761、1762、1763、1764、1765、1766、1767、1768、1769、1770、1771、1772、1773、1774、1775、1776、1777、1778、1779、1780、1781、1782、1783、1784、1785、1786、1787、1788、1789、1790、1791、1792、1793、1794、1795、1796、1797、1798、1799、1800、1801、1802、1803、1804、1805、1806、1807、1808、1809、1810、1811、1812、1813、1814、1815、1816、1817、1818、1819、1820、1821、1822、1823、1824、1825、1826、1827、1828、1829、1830、1831、1832、1833、1834、1835、1836、1837、1838、1839、1840、1841、1842、1843、1844、1845、1846、1847、1848、1849、1850、1851、1852、1853、1854、1855、1856、1857、1858、1859、1860、1861、1862、1863、1864、1865、1866、1867、1868、1869、1870、1871、1872、1873、1874、1875、1876、1877、1878、1879、1880、1881、1882、1883、1884、1885、1886、1887、1888、1889、1890、1891、1892、1893、1894、1895、1896、1897、1898、1899、1900、1901、1902、1903、1904、1905、1906、1907、1908、1909、1910、1911、1912、1913、1914、1915、1916、1917、1918、1919、1920、1921、1922、1923、1924、1925、1926、1927、1928、1929、1930、1931、1932、1933、1934、1935、1936、1937、1938、1939、1940、1941、1942、1943、1944、1945、1946、1947、1948、1949、1950、1951、1952、1953、1954、1955、1956、1957、1958、1959、1960、1961、1962、1963、1964、1965、1966、1967、1968、1969、1970、1971、1972、1973、1974、1975、1976、1977、1978、1979、1980、1981、1982、1983、1984、1985、1986、1987、1988、1989、1990、1991、1992、1993、1994、1995、1996、1997、1998、1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010、2011、2012、2013、2014、2015、2016、2017、2018、2019、2020、2021、2022、2023、2024、2025、2026、2027、2028、2029、2030、2031、2032、2033、2034、2035、2036、2037、2038、2039

47

する接続部696を構成する。図34ではその連続した1つのSIN線となっており、図34ではその連続した1つのSIN線を符号605で示している。

【0261】板ね部615は、下側の4分割されたA1線663a～663dと上側のSIN線664とが積層された2層（ただし、A1線663a～663dが形成されていない箇所は1層）の薄板で構成されている。接続部646aは、A1線662a、663aが重なり合った部分となっており、接続部646aにおいてSIN線605に形成された開口647aを介して、A1線662a、663a間が電気的に接続されている。接続部646bは、A1線662b、663bが重なり合った部分となっており、接続部646bにおいてSIN線605に形成された開口647bを介して、A1線662b、663b間が電気的に接続されている。接続部646cは、A1線662c、663cが重なり合った部分となっており、接続部646cにおいてSIN線605に形成された開口647cを介して、A1線662c、663c間が電気的に接続されている。接続部646dは、A1線662d、663dが重なり合った部分となっており、接続部646dにおいてSIN線605に形成された開口647dを介して、A1線662d、663d間が電気的に接続されている。

【0262】A1線663a、663b、663dは、これら有する板ね部615に静電力を作用させるための電極となっており、A1線663cは、ミラー2を所定電位にするための単なる配線パターンとなっている。

【0263】板ね部615における接続部646a～646dと反対側の端面には、接続部696が機械的に接続されている。接続部696は、板ね部615を構成するSIN線664がそのままだま延びることによって、平坦状に構成されている。接続部696の全面に渡って立ち下がり部696aが形成され、これにより接続部696の剛性が高められている。

【0264】板ね部624は、下側のSIN線665と上側の4分割されたA1線666a～666dとが積層された2層（ただし、A1線666a～666dが形成されていない箇所は1層）の薄板で構成されている。A1線666a、666b、666dは、これら有する板ね部624に静電力を作用させるための電極となっている。A1線666cは、ミラー2の電位を所定電位にするための単なる配線パターンとなっている。

【0265】板ね部625は、下側の4分割されたA1線667a～667dと上側のSIN線668とが積層された2層（ただし、A1線667a～667dが形成されていない箇所は1層）の薄板で構成されている。A1線667a、667b、667dは、これら有する板ね部625に静電力を作用させるための電極とな

48

位にするための単なる配線パターンとなっている。

【0266】接続部656aはA1線666a、667aが重なり合った部分となっており、接続部656aにおいてSIN線605に形成された開口657aを介して、A1線666a、667a間が電気的に接続されている。接続部656bはA1線666b、667bが重なり合った部分となっており、接続部656bにおいてSIN線605に形成された開口657bを介して、A1線666b、667b間が電気的に接続されている。

【0267】接続部656cはA1線666c、667cが重なり合った部分となっており、接続部656cにおいてSIN線605に形成された開口657cを介して、A1線666c、667c間が電気的に接続されている。接続部656dはA1線666d、667dが重なり合った部分となっており、接続部656dにおいてSIN線605に形成された開口657dを介して、A1線666d、667d間が電気的に接続されている。

【0268】板ね部624における接続部656a～656dと反対側の端面には、接続部697が機械的に接続されている。接続部697は、板ね部624を構成するSIN線665がそのままだま延びることによって、平坦状に構成されている。接続部697の全面に渡って立ち下がり部697aが形成され、これにより接続部697の剛性が高められている。

【0269】接続部696と接続部697とが間隔をあけて対向するように、接続部696と接続部697との間は、接続部681～684により機械的に接続されている。接続部681は、接続部697を構成するSIN線665がそのままだま延びることによって、平坦状に構成されている。接続部697の全面に渡って立ち下がり部697aが形成され、これにより接続部697の剛性が高められている。

【0270】板ね部624は、下側のSIN線665と上側の4分割されたA1線666a～666dとが積層された2層（ただし、A1線666a～666dが形成されていない箇所は1層）の薄板で構成されている。A1線666a、666b、666dは、これら有する板ね部624に静電力を作用させるための電極となっている。A1線666cは、ミラー2の電位を所定電位にするための単なる配線パターンとなっている。

【0271】接続部683は、接続部697を構成するSIN線665がそのままだま延びることによって、平坦状に構成されている。接続部683の全面に渡って立ち下がり部683aが形成され、これにより接続部683の剛性が高められている。

49

682においてSIN線に形成された開口を介して、A1線666c、663c間が電気的に接続されている。

【0271】接続部683は、接続部697を構成するSIN線665がそのままだま延びることによって、平坦状に構成されている。接続部683の全面に渡って立ち下がり部683aが形成され、これにより接続部683の剛性が高められている。

【0272】接続部684は、接続部697を構成するSIN線665がそのままだま延びることによって、平坦状に構成されている。接続部684の全面に渡って立ち下がり部684aが形成され、これにより接続部684の剛性が高められている。

【0273】また、板ね部614の電極としてのA1線662a、662b、662dの下方における対向箇所には、基板1上の絶縁膜611上に、A1線662a、662b、662dの間にそれぞれ静電力を生じさせる電極としての、A1線620a、620b、620dがそれぞれ形成されている。A1線620a、620b、620dは、図示しない配線パターンを介して、配線パターン612cに対して電気的に接続されている。

【0274】以上の説明からわかるように、配線パターン612a、612dに対して、A1線662a、663a、662d、663d、667b、666bが電気的に接続されており、これらが同電位となる。これは電気的に独立して、配線パターン612bに対して、A1線662b、663b、666a、667a、666d、667dが電気的に接続されており、これらが同電位となる。これらとは電気的に独立して、配線パターン612cに対して、A1線662c、663c、666c、667c、ミラー2及び基板1上のA1線620a、620b、620dが電気的に接続されており、これらが同電位となる。

【0275】各支持部613A～613Cの配線パターン612a（及び612d）と配線パターン612bに、配線パターン613A～613C毎に互いに独立して、配線パターン612cを基準（0V）として、それぞれ正負の任意のレベルの電位を印加することができるようになっている。

【0276】今、支持部613Aにおいて、配線パターン612cの電位を0V、配線パターン612a、612bの電位を+V3、配線パターン612bの電位を-V3にしたとすると、前述した電気的な接続関係が構築されていることから、板ね部614のA1線662a、662b、662dと基板1上のA1線620a、

50

620b、620dとの間にそれぞれ電位差V3が印加されて、板ね部614と基板1との間に第1の静電力が作用する。また、板ね部615のA1線663a、663b、663dと板ね部624のA1線666a、666b、666dとの間にそれぞれ電位差2V3が印加されて、板ね部615と板ね部624との間に第2の静電力が作用する。さらに、板ね部625のA1線667a、667b、667dとミラー2との間にそれぞれ電位差V3が印加されて、板ね部625とミラー2との間に第3の静電力が作用する。

【0277】ところで、図36乃至図38からわかるように、板ね部614の電極としてのA1線662a、662b、662dと基板1上の電極としてのA1線620a、620b、620dとの間の距離と、板ね部625の電極としてのA1線667a、667b、667dとミラー2との間の距離とは、ほぼ等しい。そして、板ね部615の電極としてのA1線663a、663b、663dと板ね部624の電極としてのA1線666a、666b、666dとの間の距離は、前記距離のほぼ2倍である。ところが、前記第1及び第3の静電力が電位差V3によるものであるのに対し、前記第2の静電力がその2倍の電位差2V3によるものであるため、距離の効果と電位差による効果とが相殺され、第1乃至第3の静電力はほぼ等しくなる。したがって、各板ね部614、615、624、625に作用する静電力はほぼ等しくなり、その結果、ミラー2の接続部10a～10dに対する負担はほとんどなくなる。

【0278】したがって、本実施の形態によれば、前記第14の実施の形態と同様の効果が得られる。

【0279】【第18の実施の形態】

【0280】図19は、本発明の第18の実施の形態による光スイッチを示す概略構成図である。

【0281】本実施の形態による光スイッチは、前述した第1乃至第17の実施の形態のいずれかであるミラーデバイス200を含み、2次元配置された複数の光入力用ファイバ201から出力された光を複数の光出力用ファイバ202のいずれかに入力させる。

【0282】複数の光入力用ファイバ201から出力された光は、ミラーデバイス200の各素子のミラー2へそれぞれ入力される。その入射のために、必要に応じて、複数の光入力用ファイバ201とミラーデバイス200との間にレンズ等の光学系を配置してもよい。

【0283】ミラーデバイス200は、光切り換え状態を指示する制御信号に応じて、各素子の電極としてのミラー2と電極4a、4b、4cとの間に駆動信号（本実施の形態では、電位差）が与えられ、この駆動信号により応じた方向及び傾きで前記ミラーが前記基板に対して傾く。その結果、ミラー2で反射された後の光の進行方向が偏向され、該当する図示の光出力用ファイバ202へ入射される。図19において、P1はある光入

51

力用光ファイバ201からある素子のミラー2へ入射される入力光、P2は当該ミラー2で反射される光出
力用光ファイバ202へ入射される出力光を示して、
【0284】本実施の形態によれば、前述した第1乃至
第12の実施の形態のいずれかであるミラーデバイ
ス200を用いながら、入力光路と出力光路とをミラ
ー2で切り換えることができ、例えば、1
000個のミラー2で1000個の入力光路を1000
個の出力光路に切り換えることができる。したがって、
本実施の形態によれば、ミラー2の数が少なくてすむた
め、前述した従来のMEMS技術を利用した固体式光ス
イッチに比べて、小型化及び量産性が大幅に向上する。
勿論、ミラー2を利用して光路を切り換えるので、電子
式光スイッチに比べて、挿入損失やクロストークなどの
光学特性に優れている。

【0285】以上、本発明の各実施の形態について説明
したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるもの
ではない。

【0286】例えば、前述した各実施の形態では、支持
機構が複数の支持部を有する場合、これらの支持部が全
て同じ構造を有していたが、各支持部は必ずしも同じ構
造を有している必要はない。

【0287】また、本発明による薄膜弾性構造体の用途
は、ミラーデバイスに限定されるものではない。さら
に、本発明によるミラーデバイスの用途は、光スイッチ
に限定されるものではない。

【0288】
【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、
ミラーを利用して光路を切り換えることにより優れた光
学特性を有しながら、小型化及び量産性をより一層向上
させることができる光スイッチを提供することができ
る。

【0289】また、本発明は、このような光スイッチな
どに適したミラーデバイス並びに薄膜弾性構造体及びそ
の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるミラーデバイ
スの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図2】図1中のO-A線に沿った概略断面図である。

【図3】図1中のO-D線に沿った概略断面図である。

【図4】図4は、本発明の第1の実施の形態によるミラ
ーデバイスの製造方法の各工程をそれぞれ模式的に示す
概略断面図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態によるミラーデバイ
スの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態によるミラーデバイ
スの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図7】本発明の第4の実施の形態によるミラーデバイ
スの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図8】本発明の第5の実施の形態によるミラーデバイ

52

スの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図9】本発明の第6の実施の形態によるミラーデバ
イスの単位素子を模式的に示す概略断面図である。

【図10】本発明の第6の実施の形態によるミラーデバ
イスの製造方法の各工程をそれぞれ模式的に示す概略断
面図である。

【図11】本発明の第7の実施の形態によるミラーデバ
イスの単位素子を模式的に示す概略断面図である。

【図12】図11中のE-F矢視図である。

【図13】本発明の第7の実施の形態によるミラーデバ
イスの製造方法の各工程をそれぞれ模式的に示す概略断
面図である。

【図14】本発明の第8の実施の形態によるミラーデバ
イスの単位素子の支持部を模式的に示す概略平面図であ
る。

【図15】本発明の第9の実施の形態によるミラーデバ
イスの単位素子の支持部を模式的に示す概略平面図であ
る。

【図16】図16は、本発明の第10の実施の形態によ
るミラーデバイスの単位素子の支持部を模式的に示す概
略断面図である。

【図17】本発明の第11の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の支持部を模式的に示す概略断面図で
ある。

【図18】本発明の第12の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の支持部を模式的に示す概略平面図で
ある。

【図19】本発明の第13の実施の形態による光スイッ
チを示す概略構成図である。

【図20】本発明の第13の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子を模式的に示す概略平面図である。

【図21】図20中のO-A線に沿った概略断面図であ
る。

【図22】本発明の第14の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の、中間板及びそれより下側の部分を
模式的に示す概略平面図である。

【図23】本発明の第14の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の、中間板より上側の部分を模式的に
示す概略平面図である。

【図24】図22及び図23中のX1-X2線に沿った
概略断面図である。

【図25】図22及び図23中のO-A線に沿った概略
断面図である。

【図26】図22及び図23中のX3-X4線に沿った
概略断面図である。

【図27】本発明の第15の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の、下側の部分を模式的に示す概略平
面図である。

【図28】本発明の第15の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の、上側の部分を模式的に示す概略平

53

面図である。

【図29】図27及び図28中のX5-X6線に沿った
概略断面図である。

【図30】図27及び図28中のO-A線（図20中の
O-A線に対応）に沿った概略断面図である。

【図31】図27及び図28中のX7-X8線に沿った
概略断面図である。

【図32】本発明の第16の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の、下側（基板1側）の部分を模式的
に示す概略平面図である。

【図33】本発明の第16の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の、上側の部分を模式的に示す概略平
面図である。

【図34】本発明の第17の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の、下側の部分を模式的に示す概略平
面図である。

【図35】本発明の第17の実施の形態によるミラーデ
バイスの単位素子の、上側の部分を模式的に示す概略平
面図である。

【図36】図34及び図35中のX21-X22線に沿

54

った概略断面図である。

【図37】図34及び図35中のX23-X24線に沿
った概略断面図である。

【図38】図34及び図35中のX25-X26線に沿
った概略断面図である。

【図39】図34及び図35中のX27-X28線に沿
った概略断面図である。

【図40】図34及び図35中のY1-Y2線に沿った
概略断面図である。

【符号の説明】

1 基板

2 ミラー

3A、3B、3C 支持部

4A、4B、4C 電極

5 板ばね部

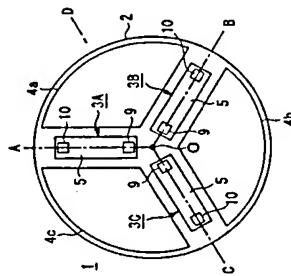
9 脚部

10 接触部

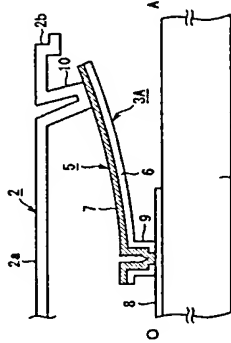
200 ミラーデバイス

201 入力用光ファイバ

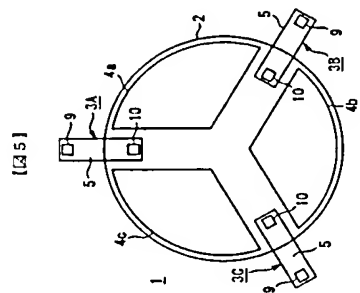
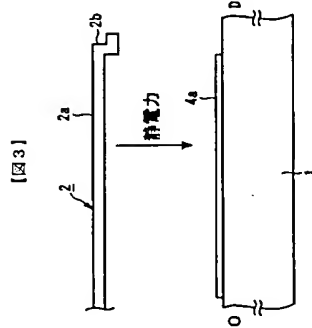
【図1】

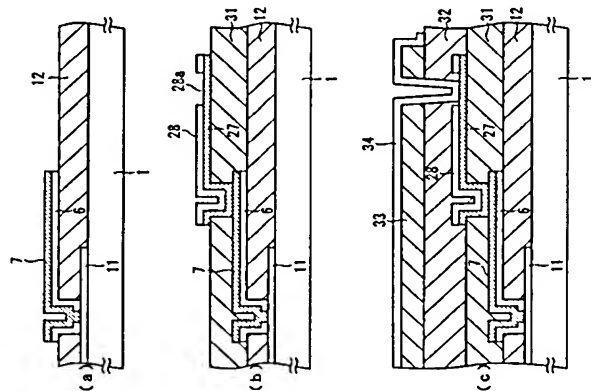
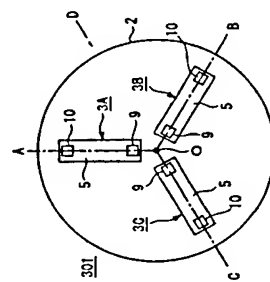
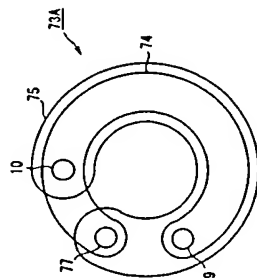
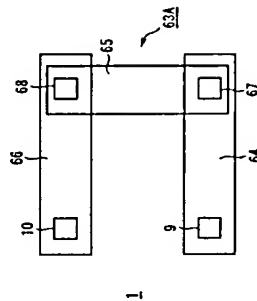
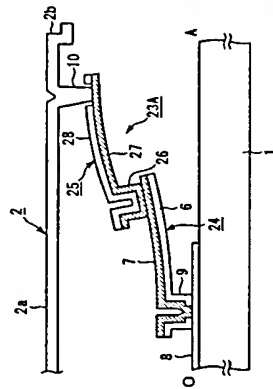
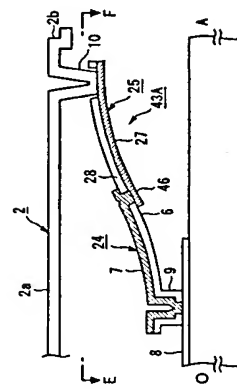
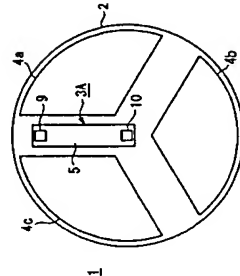
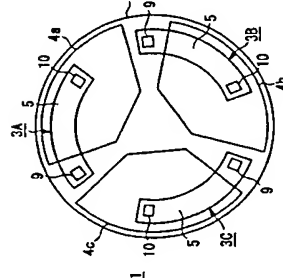
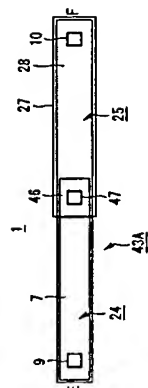
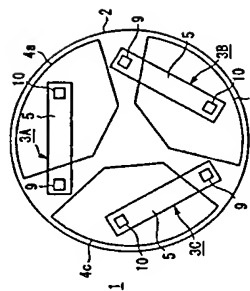
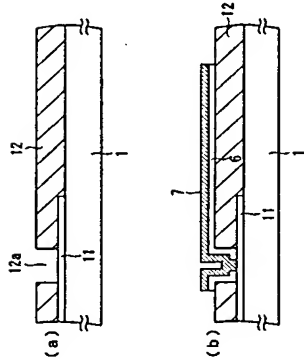


【図2】

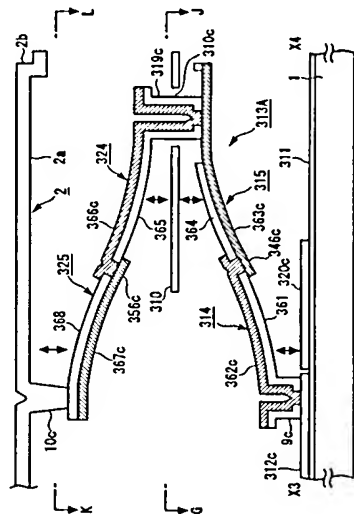


【図3】

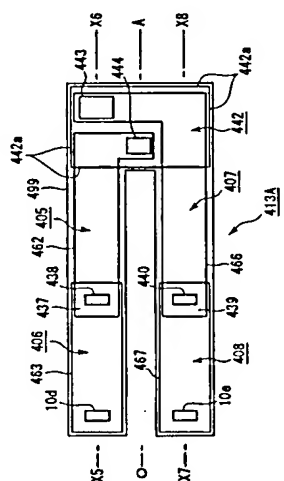




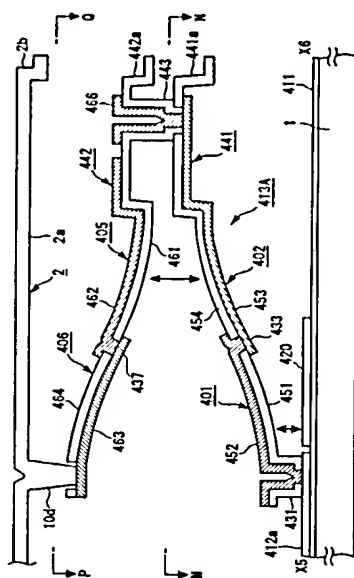
[圖26]



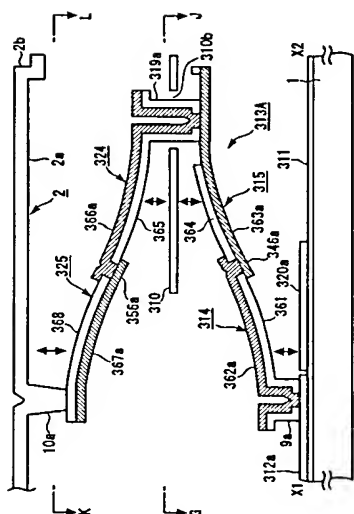
[圖28]



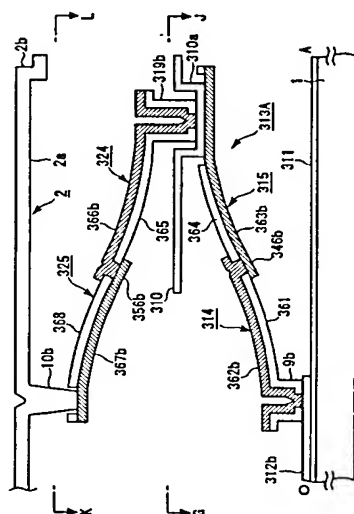
[圖29]



[圖24]



[圖25]



[圖27]

